

CALIBRADOR DE SENSORES DE FLUJO DE AIRE USANDO SENSORES DE ULTRASONIDO Y UNA COMPUTADORA

Hoyos, D; Gea, M; Cadena,¹ C.

INENCO²

Calle Buenos Aires 177
4400- Salta

e-mail hoyosd@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

En distintas aplicaciones energéticas, resulta importante realizar mediciones de flujo de aire, y en general es importante poder disponer de un dispositivo que permita calibrar los sensores, sobre todo los de baja velocidad. Este trabajo describe un equipo que permite verificar el funcionamiento de estos sensores, conectándolos a un sistema que incluye una computadora, una interfase y un equipo de ultrasonido. Para poder realizar la calibración, se debe establecer un flujo de tipo laminar en un ducto, en cuyo centro se aloja el sensor. Para medir dicho flujo, el ducto se conecta a un depósito hermético lleno de agua, el cual se descarga atravesando un orificio calibrado, produciéndose una succión que genera una corriente de aire en el ducto. Esta es fácilmente medible, tal como se describe en De Paul et al al 1984. Para el caso que nos ocupa, la detección del nivel de agua y por consiguiente su velocidad de descenso, se realiza con detectores de ultrasonido preparados especialmente.

INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de las mediciones solares, resulta de suma importancia la medida del fenómeno de convección natural, que implica realizar medidas de velocidad de flujo menores al metro por segundo. Considerando que existen en el INENCO un conjunto importante de sondas anemométricas de tipo térmico, y que las mismas deben ser calibradas periódicamente, se decidió plantear la construcción de este sistema, que combina razones de precisión, diseño simple y bajo costo.

En el presente trabajo se describe el desarrollo del sistema y las experiencias realizadas en este sentido, tanto desde el punto de vista constructivo, como de la calibración, y del análisis de resultados.

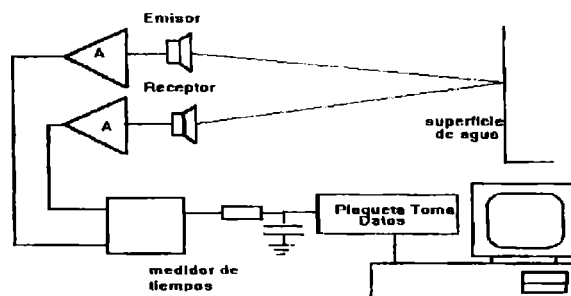


fig. 1: Esquema general

DESCRIPCIÓN GENERAL

En el campo de los sensores de proximidad comerciales de bajo costo se encuentran los de ultrasonido, constituidos por un emisor y un receptor acoplados y trabajando en un rango de frecuencias de cincuenta kilohertz. En la figura 1 se muestra un esquema general del conjunto, donde se incluye: sensores, amplificadores, interfases, placa de medición, computadora y superficie de medición.

¹ Profesional Adjunto Conicet

² Instituto Unsa-Conicet

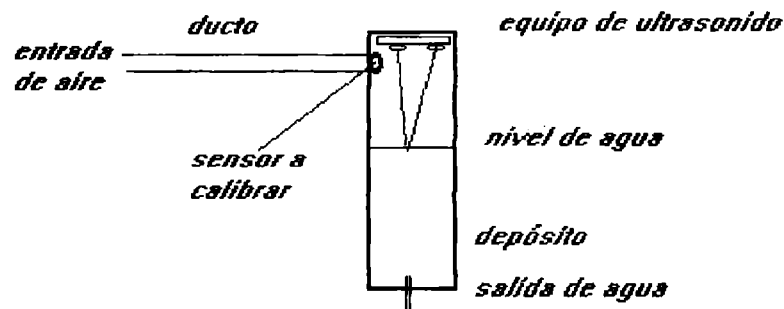


Fig 2: Esquema del equipo

En la figura 2 se muestra el esquema general del calibrador y el ducto. Cabe aclarar que la relación de diámetros, es tal que el diámetro del ducto es mucho menor que el del depósito, y que el orificio de salida de agua es calibrado e intercambiable.

De lo dicho anteriormente, se puede deducir que la velocidad del aire de entrada es una función de la velocidad de descenso del nivel de agua mientras que el orificio de salida está calibrado para cada rango de funcionamiento. Para determinar la posición de la superficie de agua, se genera un paquete de pulsos de 50khz, tal como se muestra en la figura 3 diag 3, que se hace rebotar sobre dicha superficie. Este regresa al detector luego de transcurrido un tiempo Δt ; este tiempo está relacionado con la distancia a medir, de manera tal que: $e = v \cdot \Delta t / 2$, teniendo en cuenta que "v" es la velocidad del sonido en el aire. Esta velocidad, es independiente de los cambios de la presión barométrica, frecuencia y longitud de onda, aunque es directamente proporcional a la temperatura absoluta: $v_1/v_2 = (t_1/t_2)^{1/2}$.

Si se conoce el tiempo " Δt " con cierta precisión, se puede determinar la distancia de los sensores a la superficie del agua. Como la posición de la superficie del agua está variando, esta medición debe realizarse a alta velocidad, de allí que se emplean una placa de adquisición de datos y una computadora.

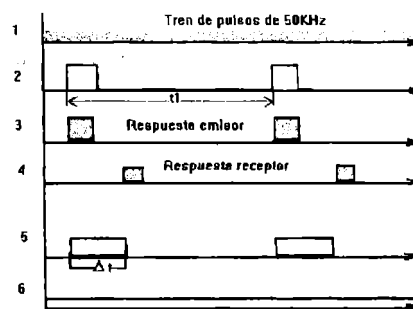


fig. 3: diagrama de tiempos

La señal que debe llegar al generador, es un paquete de pulsos separados entre sí por un tiempo t_1 (fig. 3, diag. 2). Este tiempo está definido por la máxima distancia que se desea medir y que responde a la ecuación: $t_1 = 2e_{max}/v$, para el caso que nos ocupa, este tiempo es de 10mseg, por lo que la distancia máxima (e_{max}), es de 1.7m.

GENERADOR DE PULSOS

El generador de trenes de pulsos de la figura 4 es un dispositivo que envía pulsos en dos rangos de frecuencias: 50khz y 100Hz. La primera de éstas alimenta al emisor, mientras que la segunda actúa como modulador. El ancho del pulso, delimita la distancia mínima de trabajo, mientras que el período de la onda, la máxima.

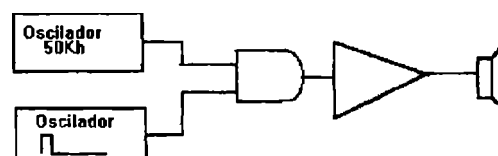


fig.4: generador de pulsos

AMPLIFICADOR E INTERFASE

Considerando que la señal de sonido decrece exponencialmente con la distancia, para ciertos recorridos será necesario amplificarla adecuadamente. Otro detalle a considerar es el hecho que la frecuencia de modulación es muy próxima a la red, y por lo tanto aparecen señales indeseables que son difíciles de filtrar. Por otra parte existe una reflexión el fondo del recipiente, que introduce una señal espúrea. Estas señales pueden enmascarar las medidas y por esta razón se procede al filtrado de las mismas. El amplificador en este caso tiene una ganancia de unas mil veces, y está concebido en dos etapas para una mejor respuesta.

La señal respuesta del amplificador es comparada con una tensión de referencia ajustable, de acuerdo con las dimensiones del depósito. Para realizar la medición de tiempos se emplea un circuito con memoria, que funciona con una lógica de “ceros y unos”. Su señal de salida tiene una frecuencia fija., y un ancho de pulsos variable, existiendo una proporcionalidad entre éstos y la distancia que se desea medir.

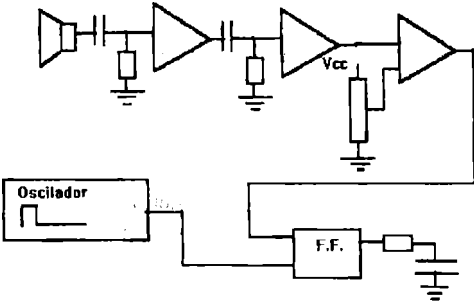


fig.5: amplificador e interfase

PROGRAMA DE CALIBRACIÓN

En la figura 5, se representa un diagrama de flujo que describe el funcionamiento del programa “calibra.bas”. El mismo está realizado en QB, y permite obtener una tabla de calibración y los coeficientes de una correlación, para cualquier sensor a calibrar. Los datos se ingresan mediante una la placa de adquisición y del reloj de la propia computadora.

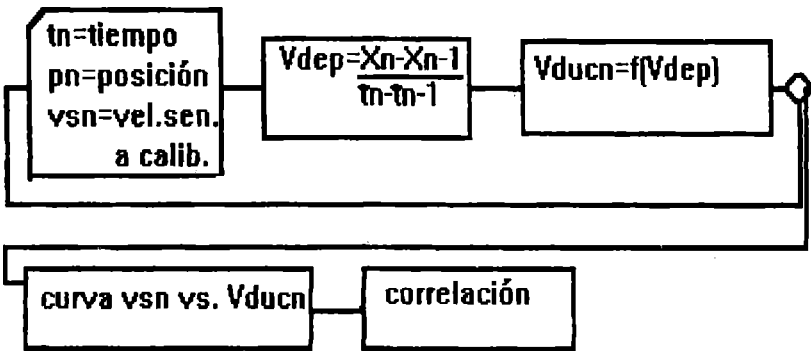


fig. 5: diagrama de flujo

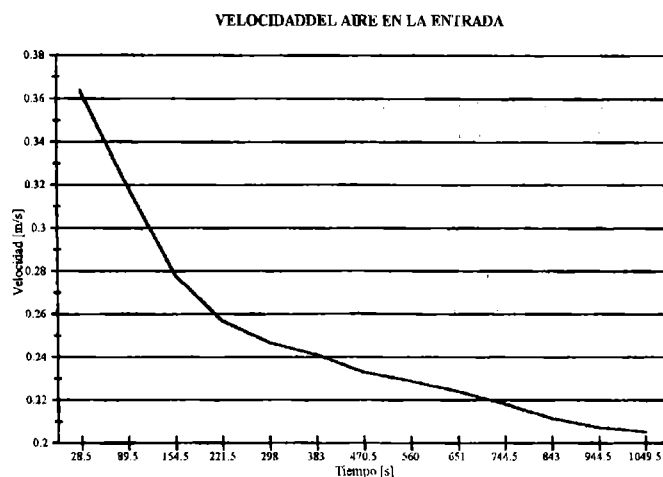


fig.6: curva de velocidad

MEDIDAS REALIZADAS

Se realizó una curva de calibración del equipo, verificando la relación entre los “tiempos” y la “distancias”, generándose un archivo que representa la posición de la superficie del agua en función del tiempo. La velocidad de la superficie del agua se obtiene de $\Delta x / \Delta t$. Los parámetros medidos son: Δx , Δt , y la señal de salida del sensor a calibrar. Con estos datos se calcula V_{dep} .

En la gráfica de la figura 6 se representa la velocidad del aire (V_{max}) en el ducto en función del tiempo. La misma proviene de la ecuación siguiente: $V_{mduc} = V_{dep} \cdot A_{dep} / A_{duc}$, y además $V_{max} = 2V_{mduc}$, de donde:

V_{mduc} =velocidad media en ducto
 V_{dep} =velocidad en depósito
 V_{max} =velocidad máxima en ducto
 A_{dep} =área del depósito
 A_{duc} =área ducto
 V_{sn} =velocidad del sensor a calibrar

Cabe aclarar que estos datos valen para el intervalo comprendido entre 0.2-0.4m/s. Para otros rangos se necesita cambiar el diámetro del orificio calibrado.

CONCLUSIONES

El instrumento descrito en este trabajo permite agilizar la calibración de los sensores de flujo de aire en bajas velocidades, mediante el uso de una computadora PC para procesar los datos obtenidos. En el caso que el sensor sea alineal se entrega un archivo con la cantidad de puntos que se desee, dado que este sistema puede tomar una cantidad muy grande de puntos permitiendo disminuir el error cometido. El costo del equipo es de aproximadamente quinientos pesos, sin incluir la computadora, ni la placa de adquisición. La fuente de error proviene principalmente de la medida de tiempos, y de la posición de la superficie.

BIBLIOGRAFIA

- De Paul, I Cadena, C Lesino G y Saravia, L. (1984). Construcción y calibración de anemómetros de baja velocidad *Actas de la 9 Reunión de trabajo de ASADES*
- Tompkins, W. J. Webster, J G. (1988). Interfacing sensors to the IBM@PC *Pretince Hall*.
- Norton, H N. (1982). Sensor and analyzer handbook *Pretince Hall*
- Seto William. (1982). Teoría y Problemas de acústica. *Serie de compendios Schaum*